



Original Research Paper

The use of hydrolyzed protein from Rainbow trout waste (*Oncorhynchus mykiss*) as a stabilizer and a relative substitute for fat in yogurt

Hadi Ghafarii ^{1*}, Reza Safari ², Melika Nazemi ³, Mahdi Golshan ¹

¹Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

²Caspian Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran

³Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Abbas, Iran

Key Words

Rainbow trout
Waste
Yogurt
Stabilizer
Hydrolyzed degree

Abstract

Introduction: In this study, the effect of hydrolyzed protein prepared from Rainbow trout waste in order to exploit these food sources and reduce environmental waste and improve the quality of yogurt has been investigated.

Materials & methods: hydrolyzed protein was prepared from Rainbow trout waste using alcalase and protamax enzymes, and yogurt samples were prepared at concentrations of 1 and 5.1% of hydrolyzed protein and a control sample without hydrolyzed protein powder. The degree of hydrolysis and solubility of the hydrolyzed protein were investigated.

Results: The degree of hydrolysis of Rainbow trout waste was $49.6 \pm 1.58\%$ and the hydrolysis protein solubility was $91.3 \pm 2.25\%$. The results of the parameters measured on yogurt indicate that adding hydrolyzed protein to yogurt decreased the pH ($P < 0.05$) and using hydrolyzed protein decreased the water content and increased the viscosity and consequently the water holding capacity with the concentration of hydrolyzed protein increased and the highest increase in water retention capacity was related to the treatment with 1.5% of hydrolyzed protein ($P < 0.05$). The control sample had the lowest viscosity and the highest water content. According to the sensory evaluation results, it was observed that the addition of hydrolyzed protein to the samples had a positive effect on the sensory properties of the taste, smell and texture of the prepared yogurt, but the replacement of the hydrolyzed protein had a negative effect on the color of the yogurt at high concentrations.

Conclusion: It can be concluded that improving the traditional properties of yogurt by replacing hydrolyzed protein prepared from Rainbow trout waste with fat can make optimal use of fish waste.

* Corresponding Author's email: hadi.ghafarii@gmail.com

Received: 2 September 2024; Reviewed: 6 October 2024; Revised: 6 December 2024; Accepted: 6 January 2025

(DOI): [10.22034/AEJ.2024.428698.3074](https://doi.org/10.22034/AEJ.2024.428698.3074)

مقاله پژوهشی

استفاده از پروتئین هیدرولیز ضایعات ماهی قزل آلا رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss) به عنوان پایدار کننده و جایگزین نسبی چربی در ماست

هادی غفاری^{۱*}، رضا صفری^۲، ملیکا ناظمی^۳، مهدی گلشن^۱

^۱موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۲پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

^۳پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

قزل آلا رنگین کمان
ضایعات
ماست
پایدار کننده
درجه هیدرولیز

مقدمه: در این مطالعه اثر پروتئین هیدرولیز شده ضایعات ماهی قزل آلا به منظور بهره برداری از این منابع غذایی، کاهش ضایعات محیطی و بهبود کیفیت ماست مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها: پودر پروتئین هیدرولیز شده ضایعات ماهی قزل آلا با استفاده از آنزیم های آلکالاز و پروتامکس تهیه شد و نمونه های ماست با افزودن ۱ و ۱/۵ درصد پودر پروتئین هیدرولیز شده و نمونه شاهد بدون پودر پروتئین هیدرولیز شده تهیه گردید. درجه هیدرولیز و حلالیت پروتئین هیدرولیز شده مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: درجه هیدرولیز ضایعات ماهی قزل آلا $49/6 \pm 1/08$ درصد و میزان حلالیت پروتئین هیدرولیز $91/3 \pm 2/25$ درصد به دست آمد. نتایج پارامترهای اندازه گیری شده بر روی ماست نشانگر این است که افزودن پروتئین هیدرولیز شده به ماست باعث کاهش pH گردید ($P < 0/05$) و استفاده از پروتئین هیدرولیز شده موجب کاهش آب اندازی و افزایش ویسکوزیته و به تبع آن ظرفیت نگه داری آب با افزایش غلظت پروتئین هیدرولیز شده افزایش یافته و بیشترین مقدار افزایش ظرفیت نگه داری آب مربوط به تیمار با ۱/۵ درصد پروتئین هیدرولیز شده بود ($P < 0/05$). نمونه شاهد کمترین میزان ویسکوزیته و بیشترین میزان آب اندازی را داشت. طبق نتایج ارزیابی حسی مشاهده شد که افزودن پروتئین هیدرولیز شده به نمونه ها تاثیر مثبتی بر خواص حسی مزه، بو و بافت ماست تهیه شده داشت، ولی جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده تاثیر منفی بر رنگ ماست در غلظت های بالا داشت.

بحث و نتیجه گیری: می توان نتیجه گرفت که بهبود خواص سنتی ماست با جایگزینی پروتئین هیدرولیز تهیه شده از ضایعات ماهی قزل آلا با چربی می تواند باعث استفاده بهینه از ضایعات ماهی گردد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hadi.ghafarii@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۲ شهریور ۱۴۰۳؛ تاریخ داوری: ۱۵ مهر ۱۴۰۳؛ تاریخ اصلاح: ۱۶ آذر ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۷ دی ۱۴۰۳

(DOI): 10.22034/AEJ.2024.428698.3074

مقدمه

پرورش آبزیان و صید در صنعت تولید غذا جهت مصارف انسانی، بیشترین رشد را دارا می‌باشند. هر ساله پس از تولید آبزیان پرورشی و صید صنعتی حجم زیادی از ضایعات ماهی تولید و دور ریخته می‌شود. این مواد زائد را می‌توان با افزودن آنزیم‌های مختلف پروتئولیتیک و یا روش‌های اسیدی و شیمیایی به محصولات با ارزش افزوده مانند پروتئین هیدرولیز شده و یا سیلاژ ماهی تبدیل نمود. پروتئین هیدرولیز شده ماهی در واقع مواد زائد فرآوری شده به پپتید از پوست، سر، عضلات، احشاء، کبد و استخوان بوده که دارای پپتیدهای عملکردی و زیست فعال مطلوبی هستند (۵). محصولات صید شده از دریا هم جهت مصارف انسانی و هم غیر انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر ساله میزان زیادی از این محصولات بعد از صید به طرق مختلف عمل آوری می‌شوند که بیش از ۵۰ درصد از آن‌ها به عنوان ضایعات محسوب می‌شوند و غیر قابل مصرف هستند. ضایعات حاصل از غذاهای دریایی مانند سر، دم، پوست، استخوان و امعاء و احشاء را می‌توان با ارزش افزودن به آن‌ها و تولید محصولاتی مانند پودر ماهی، سس ماهی، سیلاژ ماهی و پروتئین هیدرولیز شده هم برای مصارف انسانی و هم حیوانی مورد استفاده قرار داد. ضایعات منابع ارزشمندی از مواد زیست فعال هستند و فرآورده‌های حاصل از آن‌ها قابلیت استفاده در زمینه‌های مختلف دارویی، صنایع غذایی و آرایشی-بهداشتی را دارند. پروتئین هیدرولیز شده ماهی (FPH) نیز فرآورده حاصل از هیدرولیز پروتئین ماهی می‌باشد که امروزه تولید آن از ضایعات ماهی، از سویی جهت کاهش ضایعات و کمک به حفظ محیط زیست و از سویی دیگر به جهت برخورداری بودن از خواص عملکردی و زیست فعالی فوق العاده، مورد توجه قرار گرفته است (۲۱). آنزیم‌های مختلفی شامل آلکالاز پروتامکس، فلورزیم و... در تهیه پروتئین هیدرولیز شده، مورد استفاده قرار می‌گیرند و پودر پروتئینی تولید شده با استفاده از روش‌های مختلف، دارای خواص کارکردی (از قبیل ظرفیت نگهداری آب، خاصیت تشکیل ژل، کف‌زایی و امولسیون کردن) و فیزیکی متفاوتی هستند که بر پتانسیل استفاده به عنوان جزء غذایی تأثیرگذار هستند (۲۱). صنعت آبزی پروری در کشور طی سال‌های گذشته توسعه چشمگیری یافته، به طوری که میزان تولید آبزیان از طریق پرورش به میزان ۶۰۱۴۳۵ تن در سال ۱۴۰۱ رسیده است که در این میان سهم ماهی قزل‌آلا ۲۰۸۸۰۰ تن می‌باشد (۴). ماست یکی از فراورده‌های شیر است که با تخمیر توسط باکتری‌ها تولید می‌شود. در این فرایند، لاکتوز موجود در شیر به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود. ماست اغلب از شیر گاو، گاو میش، گوسفند، بز و سایر حیوانات اهلی تولید می‌گردد. در دهه‌های اخیر، با پیشرفت صنعت لبنیات و

تکنولوژی‌های فرآوری شیر، تولید ماست به صورت صنعتی و به مقیاس بزرگ انجام می‌شود. فرآورده‌هایی مانند پاستوریزه کردن شیر، تخمیر با استفاده از میکروارگانیسم‌های خاص و فرآوری شیمیایی در تولید ماست صنعتی به کیفیت و ماندگاری بهتری کمک کرده‌اند. امروزه، ماست به عنوان یکی از محصولات پرطرفدار و مصرفی در سراسر جهان شناخته می‌شود. انواع ماست با طعم‌ها و بافت‌های مختلف، از ماست ساده تا ماست پروبیوتیک و ماست یونانی، در بازارها و فروشگاه‌ها قابل دسترسی هستند. ماست در سالیان اخیر به دلیل وجود درصد بالایی از پروتئین و کلسیم، به عنوان یک فرآورده سلامتی بخش شناخته شده است (۱). محصولات کم‌چرب دارای بافت و ساختار متفاوتی نسبت به محصولات پرچرب می‌باشند. کاهش چربی و متعاقب آن کاهش مقدار ماده خشک کل در ماست کم‌چرب موجب ایجاد شبکه بافتی ناقص، ضعیف و افزایش آب‌اندازی می‌گردد. ماست‌های دارای چربی بیش‌تر، بافت مناسب‌تر و عطر و طعم بهتری دارند به همین علت برای ایجاد چنین خصوصیات یا خصوصیات مشابه در فرآورده‌های کم‌چرب یا بدون چربی باید از جایگزین‌ها یا افزودنی‌های مناسب استفاده نمود (۱). تلاش‌های بسیاری در جهت کاهش محتوای چربی این محصول ارزشمند با حفظ ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، حسی و بافتی آن صورت پذیرفته است. نمونه‌های کم‌چرب این محصول می‌تواند با جایگزین نمودن بخشی از چربی شیر با ترکیبات جامد غیر چرب نظیر ترکیبات جانبی لبنی و هیدروکلوئیدها به عنوان محصولات کم‌کالری تولید شوند (۲۰). افزایش میزان بهینه این ترکیبات جهت جایگزینی در مخلوط ماست در حفظ و بهبود ویژگی‌های فیزیکی هم چون افزایش ویسکوزیته، قوام لخته و نیز کاهش آب‌اندازی از اهمیت بسیاری برخوردار است و از یک سو، توسعه محصولات کم‌چرب یا بدون چربی با ویژگی‌های مشابه محصول پرچرب می‌تواند راهکار مناسبی در جهت تولید محصولاتی فراسودمند به منظور ارتقاء سطح سلامت افراد جامعه باشد (۸). تعیین و شناسایی جایگزین‌های مناسب چربی برای تولید محصولات لبنی کم‌چرب یا بدون چربی سال‌هاست که مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. این ترکیبات علاوه بر بهبود ویژگی‌های بافتی، میزان کالری را کاهش داده و می‌توانند برخی از مشکلات ارگانولپتیکی محصولات کم‌چرب تولیدی را حل کنند. ترکیباتی مانند کنسانتره پروتئین آب پنیر با ذرات بسیار ریز با دارا بودن ساختار پروتئینی، ترکیباتی کربوهیدراتی مانند، نشاسته اصلاح شده، اینولین، صمغ کتیرا، بتا-گلوکان و بتا-سایکلو دکسترین و مخلوطی از لیپیدهای حاصل از چربی جزء مهم‌ترین و متداول‌ترین جایگزین‌های چربی در محصولات لبنی به حساب می‌آیند (۱۲).

مواد و روش‌ها

آنزیم آلکالاز و پروتامکس، تری کلرواستیک اسید، سود ۰/۱ نرمال، فنول فتالین، سولفات سدیم خشک، سولفات مس، دی اکسید سلنیوم، اسید سولفوریک غلیظ، متیل رد، اسید بوریک، هگزان، هیدروکلریک اسید همه از محصولات مرک از شرکت دایا اکسیر جم خریداری شد. دستگاه بن ماری، دستگاه مخلوط کن یا چرخ گوشت، یخچال، هم زن برقی، pH متر دیجیتالی، سانتریفوژ یخچال دار، ویسکوباتور، هموژنایزر، دستگاه سوکسله، دستگاه کج‌دال، ویسکومتر، کاغذ صافی، بالن هضم، هیتز، ارلن، بالن ته گرد، آون، دسیکاتور، پتری دیش.

ماده خام اولیه: ضایعات ماهی قزل آلا به صورت تازه از مرکز فرآوری خریداری و طی یک زنجیره سرد و در دمای ۲ درجه سانتی گراد به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل گردید سپس شست و شو داده شده و جهت جلوگیری از آلودگی آنزیمی و میکروبی در بسته‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرار داده شده و تا زمان آزمایشات بعدی، در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد.

آماده سازی پودر پروتئین هیدرولیز شده: به منظور آماده سازی نمونه‌ها ابتدا ضایعات ماهی قزل آلا در دمای ۴ درجه سانتی گراد (دمای یخچال) انجماد زدایی گردید. سپس چرخ شده و با آب مقطر به نسبت (۲:۱، وزن/حجم) مخلوط و به مدت ۲ دقیقه با هم زن به صورت هموژن در آمد. برای غیرفعال کردن آنزیم‌های درونی، ضایعات هموژن شده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد نگهداری شد. آنزیم‌های آلکالاز و پروتامکس به نمونه اضافه شد و به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد و pH ۸/۵ نگهداری شد تا هیدرولیز کامل صورت پذیرد. بعد از انجام هیدرولیز، برای غیرفعال سازی آنزیم‌های اضافه شده، نمونه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به منظور جداسازی مواد غیر محلول از پروتئین‌های محلول با استفاده از سانتریفوژ یخچال دار از هم جدا و در نهایت نمونه‌های محلول جدا شده با استفاده از فریز درایر خشک و خصوصیات کارکردی آن مورد بررسی قرار گرفت (۱۸).

روش تهیه ماست: برای تهیه ماست، ماده خشک شیر خام اندازه گیری و در محدوده ۱۰ درصد تنظیم گردید و سپس دمای شیر را به ۴۵ درجه سانتی گراد رسانده و پروتئین هیدرولیز شده استریل شده با درصدهای صفر، ۰/۵ و ۱ درصد اضافه و با هموژنایزر همگن شد. شیر همگن شده به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد تحت فرایند حرارتی قرار گرفته و سپس تا رسیدن به دمای ۴۳-۴۲ درجه سانتی گراد در حمام آب سرد گذاشته شد و در این دما آغازگر به اضافه و سپس مخلوط حاصل در ظروف

درب دار در دمای ۴۵-۴۳ درجه سانتی گراد گرمخانه گذاری گردید. پس از اتمام زمان انکوباسیون، نمونه‌ها در یخچال تا زمان انجام آزمون نگهداری شدند (۷).

روش‌های اندازه گیری پارامترهای پروتئین هیدرولیز شده:

سنجش تقریبی نمونه‌ها: آنالیز تقریبی نمونه‌ها طبق روش استاندارد تعیین گردید (۲۶). برای اندازه گیری رطوبت از آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد برای ثابت شدن وزن نمونه استفاده شد. برای تعیین خاکستر، نمونه خشک در بوتله چینی ریخته و در کوره (Germany Nabertherm) بادمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ ساعت سوزانده شد. میزان پروتئین با روش کج‌دال (Sweden. Kjelttec Foss 2300) به دست آمد. چربی کل نیز با سوکسله (Sweden. Foss Soxtec 2050) استخراج شد.

اندازه گیری درجه هیدرولیز: میزان هیدرولیز به کمک تری کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰ درصد (حجمی/حجمی) اندازه گیری شد. مبنای این روش اندازه گیری، درصد نسبت پروتئین‌های محلول در TCA به کل پروتئین‌های موجود در نمونه حاصل از سانتریفوژ پس از هیدرولیز می باشد. بدین منظور حجم مساوی از محلول پروتئینی جدا شده با محلول TCA مخلوط شد و پس از هم زدن در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ (۷۶۰۰ rpm) شد. سپس مقدار پروتئین در فاز محلول با روش Lowry و همکاران، اندازه گیری و برای رسم نمودار استاندارد با استفاده از پروتئین آلبومین سرم گاوی (BSA) به عنوان استاندارد، میزان درجه هیدرولیز از طریق معادله زیر محاسبه شد (۱۵):

= درجه هیدرولیز
نیتروژن کل در نمونه / ۱۰۰ × نیتروژن محلول در نمونه - ۱۰ / تری کلرو استیک اسید

حلالیت پروتئین هیدرولیز شده: نمونه پروتئین هیدرولیز شده با آب مقطر به نسبت (۱/۱ حجم/وزن) مخلوط گردید. و pH آن با محلول یک نرمال سود یا اسید کلریدریک بر روی ۶ تنظیم شد و بعد از چند دقیقه، مخلوط حاصل در دستگاه سانتریفوژ با دور ۱۲۰۰۰ g به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. میزان نیتروژن محلول در مایع رویی با روش بیورت سنجیده و حلالیت از رابطه زیر محاسبه گردید (۲۳):
غلظت نیتروژن کل نمونه / ۱۰۰ × غلظت نیتروژن مایع رویی = حلالیت نیتروژن (/)

روش اندازه گیری پارامترهای ماست:

pH و اسیدیته ماست: pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر و بلافاصله بعد از گرمخانه گذاری و سه روز پس از سرد شدن در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها

ارزیابی حسی ماست: پس از آموزش‌های مقدماتی تعداد ۱۵ نفر به عنوان ارزیاب آموزش دیده انتخاب و با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای نمونه‌های ماست تهیه شده را به لحاظ ظاهر، طعم، بافت و بو ارزیابی شدند. به این ترتیب که حداکثر نمره ۵ به منزله عالی بودن و ۱ کم‌ترین نمره که نشان‌دهنده خیلی بد بودن نمونه بود (۱۰).
آنالیز آماری: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار ماست با مقادیر مختلف پروتئین هیدرولیز شده و سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل داده‌های به روش آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA انجام شد.

نتایج

آنالیز تقریبی ترکیب شیمیایی ضایعات ماهی قزل آلا و پودر پروتئین هیدرولیز شده: نتایج مربوط به آنالیز پودر پروتئین هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز و پروتامکس و ضایعات ماهی قزل آلا در جدول ۱ ارائه گردید. این نتایج نشانگر این است که میزان پروتئین در پودر پروتئین هیدرولیز شده افزایش یافته است و همچنین نتایج نشان داد که بعد از هیدرولیز میزان خاکستر افزایش و میزان چربی و رطوبت کاهش یافته است.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی ضایعات ماهی قزل آلا و پودر پروتئین هیدرولیز شده

نمونه	پروتئین (%)	رطوبت (%)	چربی (%)	خاکستر (%)
ضایعات ماهی قزل آلا	^a ۲۱/۱±۰/۶۸	^a ۷۶/۴±۱/۵۶	^a ۶/۴±۰/۰۷	^a ۲/۱±۰/۰۴
پروتئین هیدرولیز شده	^b ۷۶/۳±۱/۷۵	^b ۱۰/۲±۰/۷۲	^b ۳/۶±۰/۰۵	^b ۳/۳±۰/۶۷

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p < 0.05$).

ویسکوزیته ماست: نتایج به دست آمده برای ویسکوزیته ظاهری ماست طبق جدول ۲ می‌باشد. روند کلی تغییر ویسکوزیته در همه تیمارها افزایشی است و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به ترتیب مربوط به نمونه دارای ۱ درصد پروتئین هیدرولیز و نمونه شاهد می‌باشد. تغییرات ویسکوزیته در تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p < 0.05$).

جدول ۲: تغییرات ویسکوزیته در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پودر پروتئین هیدرولیز شده و شاهد (۰/۵ و ۱ درصد) ($p < 0.05$)

ویسکوزیته	نمونه ماست
۱۴۳۰/۵۴±۲۵/۶۷ ^a	شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)
۲۹۴۰/۶۳±۳۵/۲۳ ^b	۰/۵ درصد
۳۴۵۰/۷۲±۴۴/۸ ^c	۱ درصد

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p < 0.05$).

پس از مخلوط کردن ۱۰ گرم از نمونه‌ها با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فنل فتالین تا ظاهر شدن رنگ صورتی کم‌رنگ انجام گرفت (۳).

ویسکوزیته ماست: ویسکوزیته یا گرانیروی با استفاده از ویسکومتر (USA, Brookfield DV II) اندازه‌گیری شد. ویسکوزیته تمام نمونه‌ها پس از ۳ روز نگهداری و سرد کردن در شرایط یکسان با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱۰ rpm پس از ۶۰ ثانیه اندازه‌گیری شد (۳).

میزان آب اندازی و ظرفیت نگهداری آب ماست: برای اندازه‌گیری میزان آب اندازی، آب جمع شده در سطح نمونه‌ها پس از سه روز نگهداری در یخچال جمع‌آوری و توزین گردید و میزان آب جدا شده در ۱۰۰ گرم نمونه به عنوان درصد آب اندازی بیان شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری، پس از سه روز نگهداری نمونه در یخچال، ۵ گرم از آن در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۴۵۰۰ rpm قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ، فاز آبی برداشته و فاز رسوبی جمع‌آوری شده و توزین شد و میزان آب نگهداری شده در بافت محاسبه می‌گردد (۸).

آزمون سنجش بافت ماست: بررسی ویژگی‌های بافتی ماست با استفاده از دستگاه سنجش (STM, SANTAM, Iran) انجام گرفت (۲).

درجه هیدرولیز و حلالیت پروتئین هیدرولیز شده: نتایج نشان داد که درجه هیدرولیز ضایعات ماهی قزل آلا با آنزیم آلکالاز و پروتامکس ۴۹/۶±۱/۵۸ درصد و میزان حلالیت پروتئین هیدرولیز شده ۹۱/۳±۲/۲۵ درصد شد.

pH و اسیدیته ماست: نتایج pH و اسیدیته در تیمارهای مختلف حاوی پروتئین هیدرولیز شده و نمونه شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز) بعد از ۳ روز نشان دادند که دامنه pH بین ۴/۲۱±۰/۳ تا ۴/۵۶±۰/۵ می‌باشد و در بین تیمارهای حاوی پروتئین هیدرولیز شده بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به ترتیب در نمونه‌های ۰/۵ و ۱ درصد بود ($p < 0.05$). در تیمارهای حاوی پروتئین هیدرولیز شده با افزایش غلظت پروتئین از ۰/۵ به ۱ درصد میزان pH افزایش نشان داد ($p < 0.05$). دامنه اسیدیته نمونه‌ها بین ۰/۰۳ تا ۰/۶۸±۰/۰۶ بود که بیش‌ترین اسیدیته را تیمار ۱ درصد و کم‌ترین اسیدیته را نمونه شاهد داشت ($p < 0.05$).

در هر دو روز میزان سفتی در تیمار شاهد و ۰/۵ درصد به طور معنی‌داری کم‌تر از تیمار ۱ درصد بود ($p < 0/05$).

جدول ۴: میزان تغییرات در بافت ماست طی سه روز نگهداری با غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده و شاهد ($p < 0/05$)

نمونه	تغییرات سفتی (روز اول)	تغییرات سفتی (روز سوم)
شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)	$a \ 0/026 \pm 0/005$	$a \ 0/031 \pm 0/005$
۰/۵ درصد	$b \ 0/027 \pm 0/004$	$b \ 0/033 \pm 0/006$
۱ درصد	$c \ 0/029 \pm 0/007$	$c \ 0/036 \pm 0/007$

اعداد به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p < 0/05$).

ارزیابی حسی: تغییرات حسی در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده ضایعات ماهی قزل‌آلا در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد تغییرات مزه در تیمارهای تهیه شده با پودر پروتئین هیدرولیز شده بهتر شده است و با افزایش غلظت پروتئین هیدرولیز امتیاز مزه در تیمارها افزایش نشان داد، به‌طوری‌که تیمار دارای ۱ درصد پروتئین هیدرولیز شده بیش‌ترین امتیاز را کسب کرد ($p < 0/05$). امتیاز شاخص رنگ در نمونه ۰/۵ درصد امتیاز بیش‌تری نسبت به شاهد و ۱ درصد کسب کرد ($p < 0/05$). تغییرات بونیز نشان‌دهنده این بود که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده به ماست، تیمارها به مراتب از امتیاز بالاتری کسب کردند.

جدول ۵: تغییرات خواص حسی در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده و شاهد ($p < 0/05$).

نمونه	مزه	رنگ	بافت	بو
شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)	$a \ 4/2 \pm 0/08$	$a \ 3/6 \pm 0/23$	$a \ 3/4 \pm 0/32$	$a \ 3/3 \pm 0/26$
۰/۵ درصد	$b \ 4/5 \pm 0/12$	$c \ 4/6 \pm 0/28$	$b \ 3/9 \pm 0/25$	$b \ 4/1 \pm 0/37$
۱ درصد	$c \ 4/7 \pm 0/14$	$b \ 4/1 \pm 0/35$	$c \ 4/5 \pm 0/35$	$c \ 4/6 \pm 0/22$

اعداد به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p < 0/05$).

مولکولی پایین، حلالیت در آب بیش‌تر می‌شود و در نتیجه بازیابی پروتئین بالا می‌رود (۲۴). میزان چربی در ماده خام اولیه $6/4 \pm 0/07$ درصد بود، اما پس از انجام عمل هیدرولیز شده از میزان چربی کاسته شد. دلیل این کاهش، می‌تواند به دلیل شکسته شدن باندهای پپتیدی و سانتریفوژ نمونه‌ها باشد که باعث می‌شود در طی سانتریفوژ با دور بالا، چربی به پروتئین‌های نامحلول متصل شده و همراه آن رسوب کند. نتایج نشان داد که میزان چربی در تحقیق حاضر کاهش پیدا نمود، به‌طوری‌که میزان آن در پروتئین هیدرولیز شده به $3/6 \pm 0/05$

میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگهداری آب ماست: نتایج میزان

آب‌اندازی و ظرفیت نگهداری آب ماست بعد از سه روز در جدول ۳ آمده است. در بین تیمارها بیش‌ترین میزان آب‌اندازی مربوط به نمونه شاهد و با افزایش میزان پروتئین هیدرولیز شده از میزان آب‌اندازی کاسته شد. در بین تیمارهای حاوی پروتئین هیدرولیز شده نیز بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین مقدار آب‌اندازی به ترتیب مربوط به تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد می‌باشد ($p < 0/05$). به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار ظرفیت نگهداری آب بین تیمارها مربوط به نمونه شاهد و ۱ درصد می‌باشد و نتایج ظرفیت نگهداری آب ماست در بین تیمارهای مختلف نیز حاکی از اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p < 0/05$).

جدول ۳: میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگهداری آب در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده و شاهد ($p < 0/05$)

نمونه	درصد آب‌اندازی	ظرفیت نگهداری آب
شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)	$3/85 \pm 0/4^a$	$65/43 \pm 3/56^a$
۰/۵ درصد	$1/83 \pm 0/08^b$	$67/36 \pm 2/85^b$
۱ درصد	$1/22 \pm 0/05^c$	$68/62 \pm 2/45^c$

اعداد به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p < 0/05$).

آنالیز سنجش بافت: تغییرات بافت ماست در طول دوره نگهداری

سه‌روزه در جدول ۴ آورده شده است. تغییر میزان سفتی بافت ماست در روز اول و سوم دارای روند افزایشی در تیمارها بود. به‌طوری‌که

بحث

نتایج ترکیبات شیمیایی پروتئین هیدرولیز شده نشان می‌دهد که درصد پروتئین در پودر پروتئین هیدرولیز شده، افزایش یافته و $76/3 \pm 1/75$ درصد می‌باشد و این نتیجه با نتایج سایر پژوهشگران که میزان پروتئین در پروتئین هیدرولیز شده آبزیان را بین ۶۳ الی ۹۰ درصد گزارش نمودند هم‌راستا می‌باشد (۱۷). در فرایند هیدرولیز به دلیل شکستن باندهای پپتیدی و در نتیجه تولید پروتئین با وزن

درصد رسید. این در حالی است که پروتئین‌های هیدرولیز شده به عنوان فرآورده‌های کم‌چرب شناخته شده‌اند که می‌تواند فرآورده را از اکسید شدن و فساد چربی، مصون نگه‌دارد. پژوهش‌های مرتبط گزارش نمودند که در فرآیند تولید پروتئین هیدرولیز شده، از حرارت برای غیرفعال سازی آنزیم‌های داخلی استفاده شود، امولسیون‌های پایداری از چربی و پروتئین شکل می‌گیرد که منجر به افزایش میزان چربی در فرآورده نهایی می‌شود (۲۱). میزان خاکستر در نمونه هیدرولیز شده نسبت به ماده خام اولیه افزایش یافت. علت این امر، افزایش میزان ماده خشک و نیز استفاده از اسیدکلریدریک و هیدروکسیدسدیم برای تنظیم pH در طی واکنش می‌باشد. میزان رطوبت نیز در پروتئین هیدرولیز شده نسبت به قبل از هیدرولیز کاهش داشته است که علت این امر استفاده از دستگاه فریز درایر برای خشک کردن سوپرناتانت‌ها بیان شده است (۱۳). تولید پروتئین هیدرولیز شده از امعاء و احشاء فیل ماهی (*Huso huso*) با استفاده از آنزیم آلکالاز (۲/۴) آنسون به ازای هر کیلوگرم پروتئین ترکیب شیمیایی میزان پروتئین از ۱۳/۴۵ به ۶۵/۲۴، چربی از ۱۴/۳۳ به ۱/۳۷، رطوبت از ۵۲/۱۴ به ۸/۳ و خاکستر از ۶/۲۵ به ۲۴/۵۶ پس از هیدرولیز آنزیمی رسیده است که طبق دلایل ذکر شده با مطالعه حاضر مطابقت دارد. هیدرولیز آنزیمی پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با آنزیم آلکالاز به مدت ۴ ساعت و با نسبت آنزیم به سوسترای ۱ به ۱۰۰ مطالعاتی انجام دادند که نتایج به دست آمده مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر را بدین ترتیب 31.68 ± 1.01 ، 1.37 ± 0.2 ، 64.88 ± 0.75 و 2.17 ± 0.53 درصد نشان داد و درجه هیدرولیز پس از ۴ ساعت به میزان ۴۶/۷ درصد به دست آمد (۹). طی تحقیقاتی بر روی مقایسه خواص عملکردی پروتئین هیدرولیز شده حاصل از امعاء و احشاء ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ضایعات مرغ با استفاده از آنزیم آلکالاز (۴/۲ AU/g) گزارش دادند که آنالیز تقریبی پروتئین هیدرولیز شده به ترتیب، پروتئین ۸۴/۶۶ درصد، چربی ۰/۷ درصد، خاکستر ۴/۷۰ درصد و رطوبت را ۳/۷۸ درصد بوده است که با تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۴). درجه هیدرولیز به دست آمده در مطالعه حاضر 49.6 ± 1.58 درصد بوده است. درجه هیدرولیز یکی از مهم‌ترین فاکتورهای بررسی خواص پروتئین‌های هیدرولیز شده است که میزان شکسته شدن باندهای پپتیدی را بیان می‌کند و باید کنترل گردد. این فاکتور و کنترل آن بسیار مهم است، زیرا بسیاری از خواص پروتئین هیدرولیز شده، از جمله میزان اسیدهای آمینه آزاد، میزان انحلال پذیری و وزن مولکولی پروتئین تولید شده، وابسته به شدت و درجه هیدرولیز شده می‌باشد. درجه هیدرولیز وابسته به متغیرهایی نظیر نسبت آنزیم به سوستر، دما و pH می‌باشد (۶). جهت هیدرولیز از آنزیم‌های مختلفی استفاده می‌شود، براساس مطالعات Yaqubzadeh

و همکاران، درجه هیدرولیز تنها شاخصی است که منجر به بازگشت بیش تر پروتئین می‌گردد (۹). هرچه درجه هیدرولیز بالاتر باشد، میزان پروتئین بیش تر می‌شود که به دلیل شکستن بیش تر باندهای پپتیدی و در نتیجه تولید پروتئین با وزن مولکولی پایین، حلالیت در آب بیش تر می‌شود. تاثیر شدت هیدرولیز با آنزیم آلکالاز (۳۵) آنسون به ازای یک کیلوگرم پروتئین (پروتئین) بر باز یافت نیتروژنی، درجه هیدرولیز و طول زنجیره پپتیدی پروتئین هیدرولیز شده گوشت کوسه چانه سفید (*Carcharhinus dussumieri*) مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد با افزایش مدت زمان در بازه زمانی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) درجه هیدرولیز افزایش یافت و به ترتیب ۲۵/۲، ۵۳/۲ و ۹۱/۱ به دست آمد. در واقع می‌توان گفت با افزایش زمان هیدرولیز آنزیم و سوستر در مدت زمان بیش تری در مجاورت هم قرار داشته و شدت هیدرولیز بیش تر خواهد شد (۶). حلالیت پروتئین هیدرولیز شده طبق نتایج به دست آمده بسیار بالا بوده است. در pH=۶ حلالیت پروتئین هیدرولیز شده برابر با ۹۱/۳ درصد به دست آمد. با توجه به این که هر چه بر میزان درجه هیدرولیز افزوده شود، پپتیدهایی با طول زنجیره کم تر (وزن مولکولی کم تر) حاصل می‌شود و کوچک تر بودن طول زنجیره پپتیدها با حلالیت پروتئین رابطه مستقیم دارد، به طوری که هر چه پپتیدهای با طول زنجیره کم تر حاصل شود، حلالیت بیش تر می‌شود (۱۴) و می‌توان حلالیت بالای پروتئین هیدرولیز شده حاصل از مطالعه حاضر را به علت بالا بودن میزان درجه هیدرولیز این پروتئین دانست. هم چنین حلالیت پروتئین می‌تواند توسط اثر برخی گروه‌های آب دوست و آبگریز که بر سطح پروتئین قرار می‌گیرند، توضیح داده شود. بالا بودن حلالیت پروتئین هیدرولیز شده، حاکی از پتانسیل استفاده از پروتئین در فرمولاسیون سیستم غذایی توسط ایجاد ظاهری جذاب و حس دهانی ملایم جهت تولید است (۲۳). ویسکوزیته یکی از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار بر روی کیفیت بافت محصول نهایی می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر موید آن است که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده، ویسکوزیته به طور معنی داری افزایش یافته که این امر ممکن است ناشی از پیوند پروتئین اضافه شده با آب آزاد و کاهش جریان پذیری، درگیر کردن شبکه کازئین و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن باشد (۱۶). نتایج مطالعات حاکی از آن است که افزودن پروتئین هیدرولیز شده توسط هر دو آنزیم آلکالاز (در سطوح ۰/۵ و ۱/۵ درصد) و پروتامکس (در سطوح ۰/۵ و ۱/۵ درصد) موجب افزایش ویسکوزیته تیمارها شده است، که مطالعه حاضر با این مطالعه مطابقت دارد (۲۲). یکی از معایب عمده ماست آب اندازی است که در واقع به ظهور سرم یا آب پنیر در سطح ماست اطلاق می‌شود. آب اندازی در ماست به دلیل چروکیدگی ساختار سه بعدی شبکه پروتئینی رخ می‌دهد که منجر به کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر و خروج

بیش تر به عنوان غذای سلامتی مورد استفاده قرار می گرفت و این به خاطر وجود منابع سرشار از پروتئین های قابل هضم با تمامی آمینو اسیدهای ضروری و اسیدهای چرب غیر اشباع با خواص درمانی مهم هم چون اسیدهای چرب امگا ۳ و ویتامین ها و سایر ریز مغذی ها در غذاهای دریایی بود. جهت استفاده بهینه از این منابع غنی و تولید محصولات فناورانه از ضایعات ماهی قزل آلا که با توجه به آمار تولیدی و محاسبه حداقل ۳۰ درصدی ضایعات، میزان قابل ملاحظه می شود. تولید پروتئین هیدرولیز شده از این ضایعات به روش آنزیمی انجام گرفت و بررسی خواص پودر پروتئین هیدرولیز شده نشان داد که پروتئین هیدرولیز شده خلالت بالایی برخوردار است. نتایج حاصل از مطالعه حاضر در ارتباط با امکان پذیری استفاده از پودر پروتئین هیدرولیز شده به عنوان جایگزین چربی در ماست نشان داد که پودر پروتئین تولید شده امکان جایگزینی با چربی را در درصد های پایین را دارا می باشد و این جایگزینی باعث بهبود ویسکوزیته، آب اندازی، ظرفیت نگهداری آب و ارزیابی حسی ماست شده است.

منابع

1. Aghazade Meshgi, M., Mohammadi, K., Totunchi, S. and Farahanian, Z., 2010. Production of fat-free yogurt using corn starch and gelatin. Food science and nutrition. 7(3): 66-73. (In Persian)
2. Jovindeh, H., Alizadeh Behbahani, B., Naushad, M. and Safari Samani, E., 2022. The effect of transglutaminase enzyme on some characteristics of abstract yogurt prepared from a mixture of cow and buffalo milk. Journal of food processing and preservation. 14(2): 17-34. (In Persian)
3. Rezaei R., Yeganeh S., Raftani Amiri Z. and Safari R., 2020. Investigating the functional properties of Caspian cowfish protein (*Neogobius caspius*) by floryzyme enzyme and its effect on the quality of low-fat yogurt. Journal of Innovation in Food Science & Technology. 1: 12. (In Persian)
4. Statistical Yearbook of Iranian Fisheries. 2022. Iran Fisheries Organization (2018-2021). (In Persian)
5. Seyed Hasani, M., Hosseinpour Zolti, A. and Sohrabi, T., 2022. The use of bioprocessed peptides (hydrolyzed protein) in the diet of farmed fish with emphasis on sturgeon. Sturgeon. 5: 1-9. (In Persian)
6. Meshgin Far, N., Sadeghi Mahonak, A., Ziyai Far, A.M., Ghorbani, M. and Kashani nejad, M., 2014. Optimizing the production of hydrolyzed protein from meat industry by-products using the response surface method. Food industry research (agricultural knowledge). 24(2): 215-225. (In Persian)
7. Mazaheri Tehrani, M., 2008. Optimization of the direct production method of condensed yogurt. Iran food science and industry-Iran food science and industry association. 12: 4. (In Persian)
8. Nategh, L., 2019. Investigating the possibility of producing low-fat stirred yogurt using degumming. Food Industry Engineering Research (Agricultural Engineering Research Journal). 18(67): 29-42. (In Persian)

آن از ماست می گردد. به نظر می رسد که آب اندازی به میزان گسترده ای با مقدار ترکیبات کازئینی شیر و یا افزودن پایدار کننده ها ارتباط دارد. نتایج تغییرات میزان آب اندازی در تیمارهای مطالعه حاضر با اضافه کردن پروتئین هیدرولیز شده، به طور چشمگیری کاهش یافته است، که ممکن است به دلیل تضعیف ساختار ژلی ماست حاوی پروتئین هیدرولیز شده باشد. مطالعات نشان داد که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده ماهی مرکب (*Sepia pharaonis*) به ماست کم چرب همانند مطالعه حاضر با افزودن پایدار کننده ای هم چون پروتئین هیدرولیز شده میزان آب اندازی کاهش می یابد (۲۵). نتایج ظرفیت نگهداری آب حاکی از اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف بوده و افزایش نسبی در ظرفیت جذب آب تیمارها مشاهده شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز و پروتامکس میزان ظرفیت نگهداری آب ماست کم چرب افزایش داشته، اما در مورد استفاده از پروتئین هیدرولیز شده با آنزیم پروتامکس گزارش شده که در غلظت های بالا (غلظت های ۱/۵ درصد) ظرفیت نگهداری آب مجدداً کاهش می یابد. نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که سطوح مختلف پروتئین هیدرولیز شده موجب افزایش اسیدیته و کاهش pH نمونه ها نسبت به نمونه شاهد شده اند. به نظر می رسد که اضافه نمودن پروتئین هیدرولیز شده باعث تسریع رشد و تکثیر باکتری های لاکتیک درگیر در فرآیند تخمیر شده و با کاهش نسبی pH و افزایش اسیدیته، زمان تخمیر و کواگولاسیون را کاهش می دهد و مطالعات دیگر نشان داد که اضافه نمودن نشاسته تغییر یافته باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته در ماست فاقد چربی شده و نشاسته به عنوان سوپسترای باکتری های لاکتیکی عمل کرده و زمان کواگولاسیون را کاهش داد (۱). بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر به طور کلی تغییرات بافت نمونه های حاوی ۰/۵ و ۱ درصد پروتئین هیدرولیز شده در سه روزهای نگهداری در یخچال یک روند افزایش داشته و بالابودن میزان پروتئین در نمونه ها باعث اتصالات عرضی و به دنبال آن تشکیل شبکه سه بعدی پروتئینی و ساختار ژلی مستحکم تر در نمونه های تولید شده است و پایین تر بودن میزان سفتی بافت ماست نمونه شاهد می تواند به دلیل پایین بودن میزان پروتئین در مقایسه با سایر نمونه ها باشد (۸). نتایج ارزیابی حسی حاکی از آن است که افزودن پروتئین هیدرولیز شده به تیمارها اثر مثبت بر خواص حسی نظیر بو، رنگ، مزه و بافت ماست های تولیدی داشته است. پژوهش های صورت گرفته در خصوص جایگزین چربی با پایه پروتئینی در ماست در غلظت های پایین اثر معنی داری روی ویژگی رنگ ماست نداشته است (۳) و هم چنین طی مطالعاتی که سایر پژوهشگران داشتند مشخص شد که افزودن هیدروکلوئید دانه اسفرزه به ماست باعث بهبود خواص حسی ماست شده است. در گذشته آبزیان به عنوان منبع غذایی و

23. Souissi, N., Bougatef, A., Triki-Ellouz, Y. and Nasri, M., 2007. Biochemical and functional properties of sardinella (*Sardinella aurita*) by-product hydrolysates. Food technology and biotechnology. 45(2): 187-194.
24. Taheri, A., Abedian Kenari, A., Motamedzadegan, A. and Nazari, R.M., 2010. The Study on The Properties of the Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Visceral Protein Hydrolysates Using Commercial Enzymes. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 6(1): 68-76. (In Persian)
25. Ziyaei, K. and Hosseini, S.V., 2021. The review of hydrolyzed protein from fishery by-product: Production methods, application, Biological Properties. Journal of food science and technology. 18(111): 383-395. (In Persian)
26. Feldsine, P., Abeyta, C. and Andrews, W.H., 2002. AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. Journal of AOAC international. 85(5): 1187-1200.
9. Yaqubzadeh, Z. and Safari, R., 2019. Hydrolyzed protein extraction of rainbow salmon (*Oncorhynchus mykiss*) skin with emphasis on antioxidant properties. Caspian Sea Aquatic Journal. 23: 4. (In Persian)
10. Aryaee, H., Zare, D., Ariaei, P., Mirdamadi, S. and Naghizadeh Raeisi, S., 2020. Sensory evaluation using fuzzy logic model and evaluation of physicochemical properties, antioxidant activity and total phenol of fruit juice prepared from mulberry during frozen storage. Journal of food science and technology (Iran). 17(106): 47-61.
11. Ebdali, S. and Motamedzadegan, A., 2013. Effect of partial replacement of solids with gelatin on functional properties of non-fat yogurt. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 8(2): 221-229.
12. Say, D., Soltani, M. and Güzeler, N., 2020. Texture, colour and sensory properties of non-fat yoghurt as influenced by tara gum or combinations of tara gum with buttermilk powder. Mljekarstvo/Dairy. 70(4).
13. Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B. and Hayaloglu, AA., 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International journal of dairy technology. 58(3): 180-184.
14. Jafari Taraji, R., Alishahi, A., Ojagh, S.M. and Esmaeili Molla, A., 2015. Protein hydrolysates from viscera of cultured Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and its use for bacterial (*Salmonella typhi*) culture medium. Fisheries Science and Technology. 4(3): 47-59.
15. Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. Critical reviews in food science and nutrition. 40(1): 43-81.
16. Moeenfard, M. and Tehrani, M.M., 2008. Effect of some stabilizers on the physicochemical and sensory properties of ice cream type frozen yogurt. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 4(5): 584-589.
17. Ovissipour, M., Abedian, A., Motamedzadegan, A., Rasco, B., Safari, R. and Shahiri, H., 2009. The effect of enzymatic hydrolysis time and temperature on the properties of protein hydrolysates from Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) viscera. Food chemistry. 115(1): 238-242.
18. Ovissipour, M., Abedian Kenari, A., Motamedzadegan, A. and Nazari, R.M., 2012. Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Food and bioprocess technology. 5: 696-705.
19. Ovissipour, M., Benjakul, S., Safari, R. and Motamedzadegan, A., 2010. Fish protein hydrolysates production from yellowfin tuna *Thunnus albacares* head using Alcalase and Protamex. International Aquatic Research. 2(2): 87.
20. Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre Mandujano, E. and Vernon-Carter, E.J., 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. International Dairy Journal. 14(2): 151-159.
21. Sathivel, S., Smiley, S., Prinyawiwatkul, W. and Bechtel, P.J., 2005. Functional and nutritional properties of red salmon (*Oncorhynchus nerka*) enzymatic hydrolysates. Journal of Food Science. 70(6): 401-406.
22. Sharabiani, S.R., Razavi, S.M., Behzad, K. and Tehrani, M.M., 2010. The effect of pectin, Sage seed gum and Basil seed gum on physicochemical and sensory characteristics of non-fat concentrated yoghurt. Iranian Food Science & Technology Research Journal. 6(1): 27-36.